



EESTI MAAÜLIKOOL  
Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut  
Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetool

**Aleksandr Günter**

**TEMPERATUURI MÕJU ŠOKOLAADI  
AEREERIMISPROTSESSILE**

**EFFECTS OF TEMPERATURE ON CHOCOLATE AERATION**

Bakalaureusetöö  
Toiduainete tehnoloogia õppekava

Juhendaja: lektor Anna Pisponen, PhD

Tartu 2018

Eesti Maaülikool  Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö / Bakalaureusetöö / Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö lühikokkuvõte	
Autor: Aleksandr Günter		Õppekava: Toiduainete tehnoloogia	
Pealkiri: Temperatuuri mõju šokolaadi aereerimisprotsessile			
Lehekülgi: 36	Jooniseid: 9	Tabeleid: 5	Lisasid: 1
Osakond / Õppetool: Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Toiduainete ja jookide tehnoloogia T430 Juhendaja(d): Anna Pispunen, PhD  Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2018			
<p>Käesoleva bakalaureusetöö ülesandeks oli kirjeldada šokolaadi tootmistehnoloogiat ja aereerimise mõju šokolaadimassile. Töö eesmärgiks oli uurida šokolaadi aereerimisprotsessi erinevatel temperatuuridel tumeda glasuuri näitel. Samuti uurida kasutatava glasuuri viskoossust ning analüüsida mullide suurust ja jaotust lõpptootes sõltuvalt valitud temperatuuridest. Katsematerjalina kasutati tumedat glasuuri, sest puudus korralik tempereerimisvõimalus. Šokolaadi ja glasuuri viskoossuse vahe oli suhteliselt väike. Eksperimentaalses osas aereerimisprotsessiks kasutati lahustunud gaasiga aereerimismetoodikat. Mullide jaotus 30-33 °C juures oli ebahütlane, erineva suurusega, esinesid nii hästi suured kui ka väikesed mullid. Temperatuuridel 39-42 °C ja 48-51 °C mullide jaotus oli ühtlasem ja peaaegu sarnase suurusega, väiksema standardhälvega.</p>			
Märksõnad: šokolaadi tootmistehnoloogia, šokolaadi töötlemine, šokolaadi aereerimine, temperatuuri mõju, tume glasuur.			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's / Bachelor's / Professional Higer Education Thesis	
Author: Aleksandr Günter		Curriculum: Foodstuff Technology	
Title: Effects of temperature on chocolate aeration			
Pages: 36	Figures: 9	Tables: 5	Appendixes: 1
Department / Chair: Chair of Food Science and Technonody Field of research and (CERC S) code: Food and beverage technology T430 Supervisors: Anna Pisponen, PhD Place and date: Tartu, 2018			
The purpose of this Bachelor thesis was to describe the chocolate manufacturing technology and the effect of aeration on chocolate. The aim of the thesis was to investigate the process of chocolate aeration under various temperatures, using dark confectionary coating as an example. Study the coating's viscosity and analyze the zise and distribution of the bubbles in the final product, depending on the temperature. Dark confectionary coating was used as test material due to the lack of proper tempering capabilities. The difference between dark chocoalte and confectionary coating was relatively small. In the experimental part dissolved gas aeration method was used. The bubbles remaining at 30-33 °C were uneven, varying in size, having both large and small bubbles. At temperatures of 39-42 °C and 48-51 °C, the distribution and size of bubbles was more even with a lower standard deviation.			
Keywords: chocolate manufacturing technology, chocolate processing, chocolate aeration, effects of temperature, dark confectionary coating.			

## Sisukord

Sissejuhatus .....	6
KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	7
Šokolaadi päritolu .....	7
Šokolaad .....	8
Šokolaadi kvaliteet ja defektid .....	8
Šokolaadi füüsilised omadused .....	9
Šokolaadi liigid ja valik.....	10
Šokolaadimassi põhikomponendid.....	12
Kakaoad.....	12
Suhkur .....	12
Piimapulber .....	13
Šokolaadi tootmistehnoloogia .....	14
Tooraine kokkusegamine .....	14
Šokolaadimassi valtsimine .....	14
Šokolaadimassi konšeerimine .....	14
Šokolaadimassi tempereerimine.....	16
Šokolaadimassi aereerimine.....	18
Gaaside valik .....	18
Šokolaadi aereerimistehnikad .....	20
Aereerimine vaakumi abil .....	20
Aereerimine lahustunud gaasiga .....	20
Aereerimine ekstrusiooni abil .....	20
Lõplik töötlemine .....	21
Šokolaadi hindamis- ja uurimismeetodid .....	21
Mikroskoopia .....	22
Reoloogia .....	23
EKSPIREMENTAALNE OSA.....	24
Katsematerjal.....	24
Eelkatse .....	24
Põhikatse .....	25
Glasuuri viskoossuse määramise meetodika.....	25

Glasuuri aereerimise metoodika .....	25
Mullide läbimõõdu määramise metoodika .....	26
Katsetulemused ja arutelu .....	28
Kokkuvõte .....	31
Kasutatud allikad.....	33
Lisa 1. Kasutatava tumeda glasuuri koostis .....	35

## Sissejuhatus

Käesoleva bakalaureusetöö ülesandeks oli kirjeldada šokolaadi tootmistehnoloogiat ja aereerimise mõju šokolaadimassile.

Kirjanduse ülevaate eesmärgiks oli uurida šokolaadi päritolu, selgitada šokolaadi liikide ja koostise mõisted; kirjeldada kvaliteeti ja võimalikke defekte ning füüsikalisi omadusi.

Tänapäeval on šokolaad tuntud ja armastatud maius. Šokolaadi on võimalik osta poest või valmistada käsitööna ise. Tänapäevane nõudlus šokolaadile suureneb ning kakao- ja šokolaaditootmine on pidevas muutumises. Suundumused nišside või *premium* šokolaaditoodete vastu on tekitanud mitte ainult uusi väljakutseid, vaid ka võimalusi uute eksperimentide jaoks. Šokolaadi aereerimine on üks võimalusi toota uue tekstuuri ja organoleptiliste tunnustega produkti.

Bakalaureusetöö teemaks valiti aereeritud šokolaad sellepärast, et Eestis ei toodeta veel aereeritud šokolaadi ja see on hea võimalus selle uurimiseks ja katsete läbiviimiseks. Viskoossete toodete aereerimine on väheuuritud teemasid üle maailma.

Üks nendest väheuuritud teemadest on temperatuuri mõju aereerimisprotsessidele ja mullide tekkimisele ning nende jaotus šokolaadimassis.

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida šokolaadi aereerimisprotsessi erinevatel temperatuuridel tumeda glasuuri näitel. Samuti uurida kasutatava glasuuri viskoossust ning analüüsida mullide suurust ja jaotust lõpptootes sõltuvalt valitud temperatuuridest.

## KIRJANDUSE ÜLEVAADE

### Šokolaadi päritolu

Šokolaadi saamiseks vajalikke kakaoube kasvasid juba 6. sajandil Kesk- ja Lõuna-Mehhiko aladel elavad iidseid maiade hõimud. Šokolaadi ei tuntud veel tänapäevasel kujul. Maiad kasutasid algselt šokolaadi joogina – kakaoad kuivatati ära, röstiti ja purustati ning seejärel lisati neile vett. (Suitsu, 2004; Afoakwa, 2010)

Väljend „cocoa“ on üle võetud sõnast „cacao“, mis on pärit otseselt maia ja asteegi keelest. Šokolaad on saadud kakaoubadest ehk kakaopuu viljadest, *Theobroma cacao*, mis kasvavad Lõuna-Ameerikas ja pärinevad arvatavasti Amazona ja Orinoco orgudest. (Afoakwa, 2010)

Enne eurooplaste saabumist kultiveerisid kakaopuud mehhiklased ja asteegid. Kolumbus tõi Euroopasse esimesed kakaoad uudishimust, kuid aastaid hiljem kasutas Don Cortez neid kaubanduslikult juba täiesti uue joogina. Hispaanlased eelistasid oma kakaojooki magustatuna ja sellisel kujul võitis see ka populaarsust ning levis Kesk- ja Põhja-Euroopasse. Esimesed maapähkli- ja suhkrusegud ei õnnestunud ega osutunud tänapäevaste tarbijate lemmikuks. Sellised segud annaksid väga intensiivse maitse, mis ei tundu suus kuigi meeldiv. Selleks, et saavutada kerget sulamist, oli vaja lisada rohkem rasva. Seda on võimalik saada kakaouba pressides ja eemaldades neist mõned kakaovõi osad. Selle rasva ekstraheerimise tehnoloogia töötas välja 1828. aastal Hollandi kodanik Van Houten. Seda aega peetakse klassikalise šokolaadi tootmise alguseks. (Beckett, 2009)

Joseph Fry oli esimene, kes valmistas 1847. aastal Inglismaal sileda šokolaaditahvli, mille tegemiseks võeti koostisosana kasutusele kakaovõi. Kakao nõudlus suurenes järsult ning šokolaaditööstlus muutus mehhaniseerituks. (Afoakwa, 2010)

Šokolaadil on kaks peamist eristatavat omadust: maitse ja tekstuur. Tekstuuri põhiomadus seisneb selles, et tahvel peab olema tahke toatemperatuuril 20-25 °C ja sulama suus temperatuuril 30 °C, nii et see on keelega tuntav. Šokolaad on tuntud ja meeldiv just nende kahe kriteeriumi kaudu. (Beckett, 2009)

## Šokolaad

Šokolaad kujutab endast kakaoubade töötlemisprodukti koos suhkru- ja piimaga, sõltuvalt šokolaadi tüübist. Šokolaadil on meeldiv peen maitse, aroom ja kõrge toiteväärtus. Need omadused tulenevad tootmiseks kasutatud toorainest. Nende hulgas on kakaoad, kakaovõi, piimapulber ja piimatooteid, suhkur ja suhkrutooteid, maitse- ja aroomaineid. Šokolaadi tehakse lisandiga ja ilma. Kookide, vahataimede ja muude kondiitritoodete valmistamisel on pooltootena laialt kasutusel karamell. Peamised komponendid on kakaoubade mass või kakaopulber, suhkur ja kakaovõi. (Apet, Pashuk, 2004)

Kakao- ja šokolaaditootmine on pidevas muutumises seetõttu, et tänapäevane nõudlus šokolaadile suureneb. Suundumused nišside või *premium* šokolaaditoodete vastu on tekitanud mitte ainult uusi väljakutseid, vaid ka võimalusi uute eksperimentide jaoks. (Afoakwa, 2010) Aereeritud šokolaad on üks võimalusi toota uue tekstuuri ja organoleptiliste tunnustega produkti.

## Šokolaadi kvaliteet ja defektid

Kakaouba on polüfenoolirikas, seda eriti katehhiinide (flavan-3-oolid) ja proksüaniidide poolest, mis säilivad kakaopuu lehtedes. Kõik need taimsed ühendid toimivad antioksüdantidena ja vähendavad organismis vabade radikaalide kahjustavat toimet. Polüfenoolil ja alkaloididel, ligikaudu 14-20% ubade kaalust, on põhiroll ubade maitse iseloomustamisel. Rasvalahustuvate polüfenoolide sisaldus kuivatatud rasvavabades kakaoubades moodustab 15-20%, mis langeb fermenteerimisel ligikaudu 5%-ni. Polüfenoolide 10%-line või suurem sisaldus pärast fermenteerimist viitab sellele, et saadud toode ei ole kvaliteetne. Polüfenoolide suured kontsentratsioonid põhjustavad šokolaadil karmistuvat, kokkutõmbavat maitset. Fermenteerimise ajal toimub proteiini lagunemine hüdrolüüsi teel ja see põhjustab polüfenoolide osalist muutumist. Polüfenooloksüdaas soodustab oksüdatiivset pruunistumist, et anda hästi fermenteeritud ubadele iseloomulik pruun värv. (Kris-Etheron jt, 1993; Vinson jt, 2006; Afoakwa, 2010)



## Šokolaadi füüsikalised omadused

Temperatuuri tõusuga toimuvad muutused omaduste väärtustes: šokolaadi tihedus ja selle erisoojusmahtuvus langevad, kuid šokolaadi soojusjuhtivus ja termiline difusioon kasvavad. Temperatuuri mõju šokolaadi tihedusele ning muud termofüüsikalised omadused väikeses vahemikus on üsna nõrgad, välja arvatud individuaalsete kaubamärkide poolt toodetud ja erilise koostisega šokolaadi soojusvõimsus. Tabelis 1 on toodud eespool kirjeldatud termofüüsikalised omadused temperatuurivahemikus 10 kuni 70 °C. (Ginzburg jt, 1980)

**Tabel 1.** Šokolaadi termofüüsikalised omadused (Ginzburg jt, 1980)

Temperatuur, °C	Tihedus, kg/m <sup>3</sup>	Erisoojusmahtuvus, J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	Soojusjuhtivus, V/(m·K)
10	1270	1675	0,24
30	1260	1675	0,26
50	1250	1675	0,27
70	1240	1591	0,27

Šokolaad on segu, mis koosneb kakaoapulbrist, kakaovõist, suhkrupulbrist ja teistest komponentidest. Šokolaadi sulamistemperatuur sõltuvalt koostisest on 30 kuni 38 °C. Sulamisel ei teki puhas vedelik, vaid disperseeritud tahkete ainete segu sulatatud kakaovõis. Vedela šokolaadi täiendava kuumutamisega üle sulamistemperatuuri on võimalik põletada tahkeid osakesi ja keeta kakaovõid. Seepärast, rääkides šokolaadi keemistemperatuurist, peetakse silmas selles sisalduva kakaovõi keemispunkti. Šokolaadi keemistemperatuur sõltuvalt koostisest on 115 kuni 140 °C. (Zubchenko, 1986)

Viskoossust mõjutavad paljud faktorid: segu temperatuur, koostis, rasva ja letsitiini kogus.

Tabelis 2 on toodud rasva ning letsitiini sisalduse mõju viskoossusele sulatatud tumeda šokolaadi näitel. (Afoakwa, 2010)

**Tabel 2.** Rasva ja letsitiini sisalduse mõju sulatatud tumeda šokolaadi viskoossusele (Afoakwa, 2010)

Rasvasisaldus, %	Letsitiin, %	Viskoossus, Pa·s	Viskoossus, cP
25	0.3	15.71	15710
	0.5	11.50	11500
30	0.3	5.80	5800
	0.5	5.27	5270
35	0.3	3.54	3540
	0.5	3.45	3450

### Šokolaadi liigid ja valik

Üksikud riigid võivad olla väga ranged selles osas, mis täpsemalt moodustab niinimetatud „šokolaadi“ ja see tähendab seda, et standardne ülemaailmne šokolaadi määratlus puudub. Euroopas kokku lepitud šokolaadikoostise määratluse väljatöötamiseks kulus umbes 30 aastat, mille tulemusena jõuti lõpuks 2003. aasta augustis jõustunud direktiivini. Üheks peamiseks komistuskiviks üle maailma on olnud taimerasva sisaldus šokolaadi standardses koostises. Paljude aastate jooksul oli mõnedes Euroopa Liidu riikides lubatud kasutada šokolaadis taimerasva koguses 5%, teistes riikides aga mitte. Euroopa Liidu 2003. aasta direktiiv lubab šokolaadis kasutada kuni 5% taimerasva, kuid ainult täpselt määratletud tingimustel. Seevastu Ameerika Ühendriigid ei luba üldse taimerasva sisaldust šokolaadi koostises. Codex Alimentarioust võib pidada ülemaailmseks standardiks, kuid isegi Codex on hiljuti muutnud oma standardit ja lisab nüüd taimerasva kasutamise õiguse. Kui koostisosade standardid ei kuulu Euroopa Liidu, Ameerika Ühendriikide või Codex Alimentariusi alla, ei tähenda see, nad on tarbimiseks sobimatud või neid ei tohi kasutada. See tähendab, et neid tooteid ei tohi nimetada „šokolaadiks“ ja reeglina tuleb neid märgistada muul viisil. (Kris-Etherton jt, 1994; Talbot, 2009)

FDA (toidu- ja raviameti) poolt šokolaadi liigid on toodud tabelis 3.

**Tabel 3.** Šokolaadi põhitüübid, mille standardid on kehtestatud FDA (toidu- ja ravimiameti) poolt (Stevens, 2001; Talbot, 2009)

Magustamata šokolaad	Sisaldab ainult kakaovõi ja kakaoubademassi segu. Seda võib nimetada ka mõrušokolaadiks ja kulinaarseks šokolaadiks.
Magus šokolaad	Sisaldab kõiki šokolaadikategooriaid, kus koostises on olemas suhkur. Seaduse järgi peab šokolaad sisaldama vähemalt 35% kakaomassi, kuid enamik šokolaadidest on 55% kakaosisaldusega. Üldiselt sisaldavad mõned tumedad šokolaadid kuni 70% kakaomassi või rohkem.
Osaliselt magus ja mõgu šokolaad	Mõlemad kuuluvad magusa šokolaadi alamkategooriate hulka. Mõlemad peavad sisaldama vähemalt 35% kakaomassi. Osaliselt magus šokolaad sisaldab vähem suhkrut kui magus šokolaad, mõru šokolaad sisaldab suhkrut veelgi vähem.
Couverture	Sõna tähendab prantsuse keeles „katmist“. See on termin, mida spetsialistid kasutavad šokolaadi jaoks, mis on valmistatud eriti suure kakaovõisisaldusega. Suure rasvasisaldusega aine tähendab, et šokolaad sulab väga sujuvalt.
Piimašokolaad	Toode, mis valmistatakse kakaotoodete ja piimatoodete segust. Peab sisaldama vähemalt 10% kakaokuivainet (kuigi esineb kuni 40%) ja 12% piimapulbrit.
Valge šokolaad	Ei ole tegelik šokolaad, kuna ei sisalda kakaomassi, vaid ainult kakaovõid. Suurem osa rasvast kuulub kakaovõile ja väiksem osa muudele rasvadele.

## **Šokolaadimassi põhikomponendid**

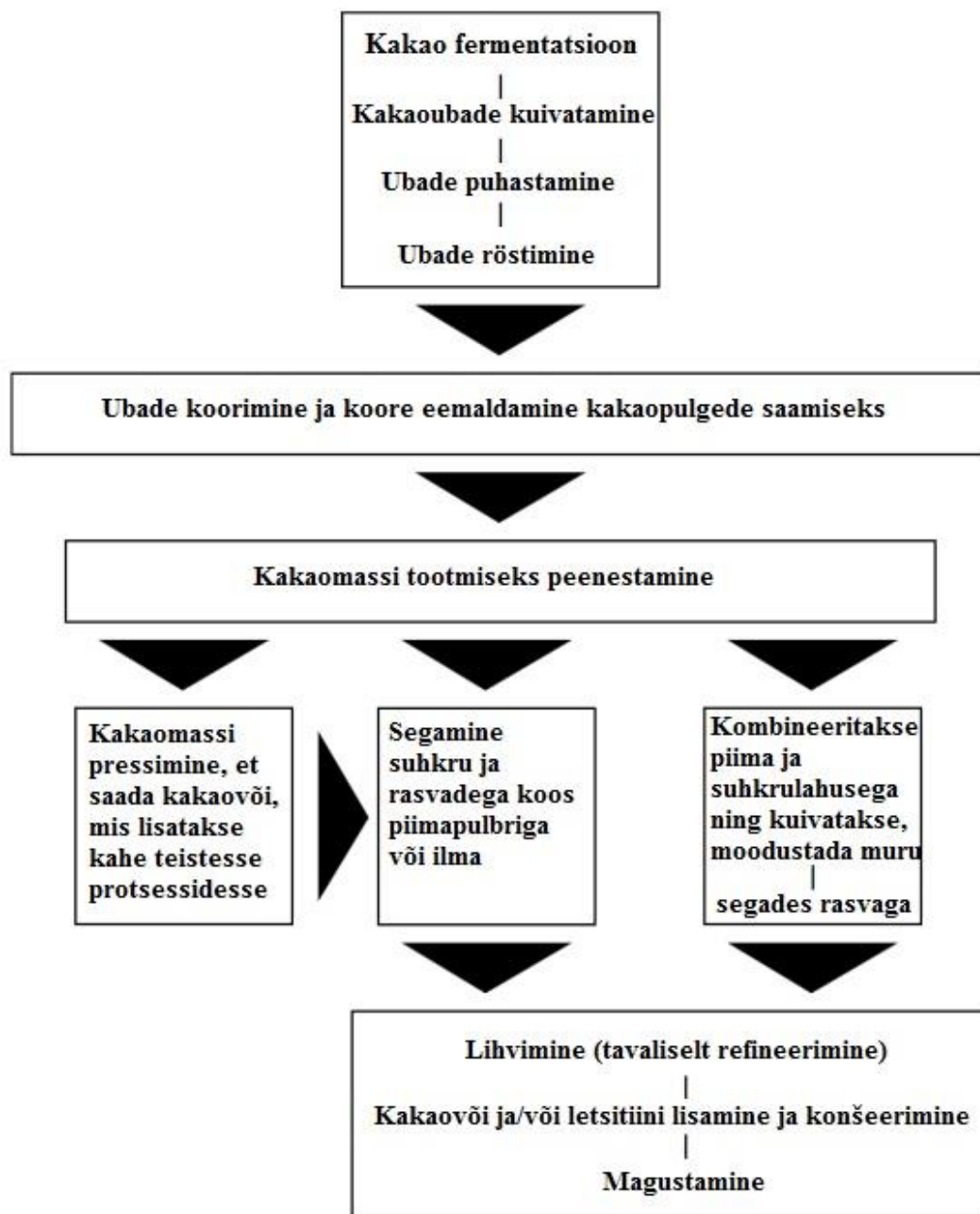
### **Kakaooad**

Kakaopuul valmivad kaunad, mis sisaldavad viljaliha ja tooreid ube. Purustatud kakaoaad koosnevad 55% võist, millest lõpliku šokolaadimassi läheb umbes 30%. Purustatud kaunad eemaldatakse koos teatud koguse viljalihaga ja oad fermenteeritakse. See protsess võimaldab kujundada keemilisi ühendeid ubade sees, millest lõpp-produktis kujuneb välja lõhnaaine. Kui see etapp ebaõnnestub, ei ole maitset enam võimalik parandada. (Afoakwa, 2010)

See kehtib ka järgmise etapi puhul, kui toimub fermenteeritud ubade kuivatamine. Kakaoubade fermenteerimisprotsessi puudulik läbiviimine võib põhjustada hallitusseente teket, mis omakorda annab lõpptootele väga ebameeldiva maitse, isegi kui fermentatsioon oli õigesti läbi viidud. Samuti osutub saadud kakao kasutamiskõlbmatuks, kui oad satuvad suitsu läbi saastuma. Lisaks on korrektsed transporditingimused üliolulised, kui ube transporditakse neid kasvatavast riigist šokolaaditööstusse. Enne töötlemise alustamist tuleb kakaoaad puhastada, eemaldada erinevad metallid ja kivimid ning muud välised materjalid, mis võivad toodet saastata. Seejärel saadetakse oad röstimisele täiendava maitse arendamiseks ja neid töödeldakse skeemi järgi, mis on toodud joonisel 1. (Beckett, 2009)

### **Suhkur**

Suhkrut peetakse šokolaadi inertseks koostisosaks, mis maitsetugevuse osas panustab ainult magususele. Suhkrusisalduse 1-2%-line muutus mõjutab märkimisväärselt kulusid ja muid majanduslikke tegureid, 5%-line muutus põhjustab aga juba suuri maitsemuutusi. Hästi kristalliseeritud sahharoosi kasutatakse kuni 50%-lise šokolaadisisaldusega kondiitritoodetes. Laktoosi esineb piimakuivainetes minimaalses koguses amorfse kujul ja selles olekus leidub osa piimarasva, mis mõjutab šokolaadi maitset ja voolavusomadusi. Laktoos suurendab šokolaadimassi pruunistumist Maillardi reaktsiooni kaudu. Monosahhariide, glükoosi ja fruktoosi kasutatakse šokolaadi valmistamisel väga harva, kuna nende puhul on raske saavutada õiget kristallisatsioonivormi. Sellest tulenevalt suurendatakse suhkruosakeste vastastikuse mõju kaudu täiendavat niiskust šokolaadis, mis tõstab viskoossust. Dekstroos ja laktoos võivad piimašokolaadis sahharoosi edukalt asendada. Viimasel aastatel on sahharoosivaba šokolaad muutunud tarbijate ja tootjate seas populaarseks oma madalama kalorsuse tõttu, mis sobib diabeetikutele. (Campbell, Mougeot, 1999; Afoakwa, 2010)



**Joonis 1.** Kakaoubade töötlemise diagramm (Beckett, 2009).

### **Piimapulber**

Kuna vesi seob suhkruosakesi, lisatakse šokolaadile piimapulbrit. Vedelat piima šokolaaditootmisel ei kasutata. Pulbrit lisatakse piimašokolaadile ligikaudu 12-25%. Piim sisaldab umbes 5% laktoosi, 5% piimarasva, 3,5% valku ja 0,7% mineraalaineid. Piimarasva triglütseriidid on peamised kakaovõis leiduvad rasvhapped (kuigi piisavas koguses on olemas ka palmi-, steariin- ja oleiinhapet). Piimarasv on peamiselt vedel (15-20% tahke) ning seda lisatakse šokolaadi struktuuri pehmendamiseks. Tavaliselt kasutatakse ära kuni 30% kogu

rasvasisaldusest, mis inhibeerib rasva hallitamist. Piimarasv võib põhjustada oksüdeerimist ja mõjutab tulemuseks oleva toote kõlblikkusaega. Vadaku- ja laktoosipulbreid saab kasutada magususe vähendamiseks mõnedes kondiitritoodetes. (Afoakwa, 2010)

## **Šokolaadi tootmistehnoloogia**

Šokolaadi tootmisprotsess koosneb järgmisest etappidest: šokolaadimassi segamine, valtsimine, massi konšeerimine, tempereerimine, vormimine (joonis 2). Šokolaadi tootmisel otsitav tulemus on sile tekstuur ja kvaliteetne maitseelamus. (Afoakwa, 2010)

### **Tooraine kokkusegamine**

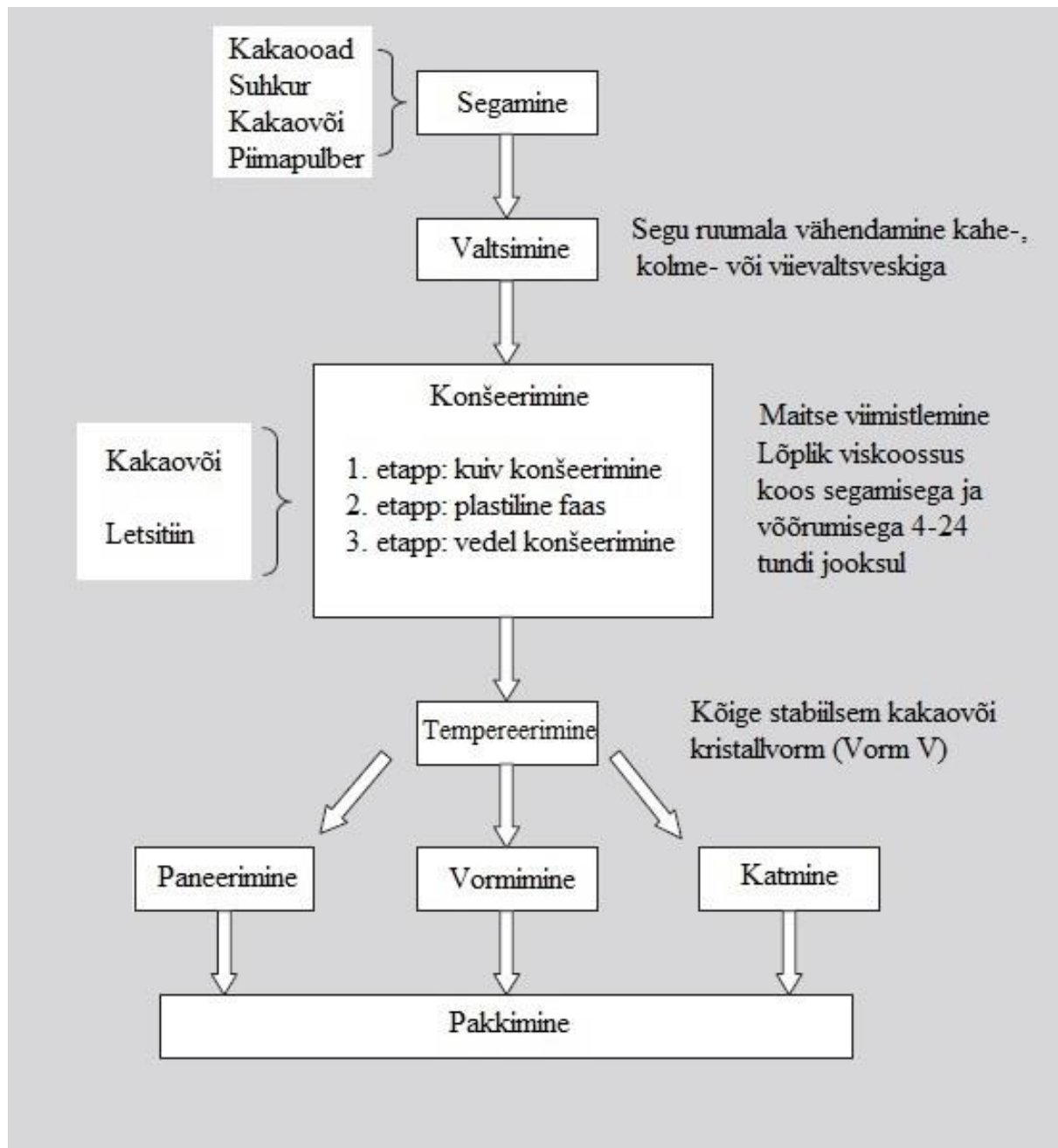
Šokolaadi valmistamise erinevatel etappidel on kakaoubade segu osakesed erineva suurusega – nende läbimõõt võib varieeruda mitme millimeetri ulatuses (Apet, Pashuk, 2004). Koostisosade kokkusegamine šokolaadi valmistamisel on põhiline toiming, mida kasutatakse ühtlase konsistentsiga massi saamiseks. See protsess toimub pidevates või perioodilistes segistites ning nõuab regulaarset aja- ja temperatuurikombinatsioonide jälgimist. Keskmise segamise aeg on 12-15 minutit 40-50 °C juures. (Afoakwa, 2010)

### **Šokolaadimassi valtsimine**

Valtsimine on šokolaadimassi osakeste peenestamine teatud suuruseni. Selle käigus vähendatakse segu paksust kahe-, kolme- või viievaltsveskiga. Lõpplahendusena segatakse kõik toorainekomponendid kokku ja peenestatakse massi valtsveskis osakeste maksimaalse suuruseni 20 µm. (Apet, Pashuk, 2004)

### **Šokolaadimassi konšeerimine**

Kui peenestamine on lõppenud, mass konšeeritakse ehk segatakse ja hõõrutakse 4-24 või 6-72 tunni jooksul sõltuvalt tehnoloogia eesmärgist ja šokolaadi tüübist. Konšeerimise käigus eralduvad massist niiskus ja soovimatud lenduvad ühendid, kakaoosad vabanevad osaliselt rasvast ja toimub üleüldine segunemine ja ühtlustumine. Konšeerimise lõpus muutub šokolaadimass täielikult homogeenseks ning saavutatakse sobiv viskoossus. Retsepti järgi lisatakse kakaovõid ja letsitiini, et saada oodatud viskoossust. Enne konšeerimisetapi täielikku läbimist massi tempereerimisele saata ei saa. (Zubchenko, 1986; Beckett, 2009)



**Joonis 2.** Šokolaadi toomistehnoloogia põhietapid. (Afoakwa, 2010)

Konšeerimisel on kolm etappi (joonis 2):

1. Kuiv konšeerimine. Helbeline mass viiakse konšeerimisseadmesse ja hõõrutakse mehaaniliselt 40-45 °C juures. Osakeste omavahelisel hõõrdumisel muutuvad osakeste teravad nurgad ümaramaks, mass muutub voolavamaks.

2. Plastiline faas. Kasutatakse suuremaid segamiskiiruseid ja temperatuur tõstetakse 50-80 °C-ni. Toimub kakaovõi eraldumine kakao osakestest ja massi struktuur muutub plastiliseks.

3. Vedel konšeerimine. Selles etappis lisatakse kakaovõid ja letsitiini. Massi töödeldakse kiiresti, saavutatakse sobiv viskoossus. (Afoakwa, 2010)

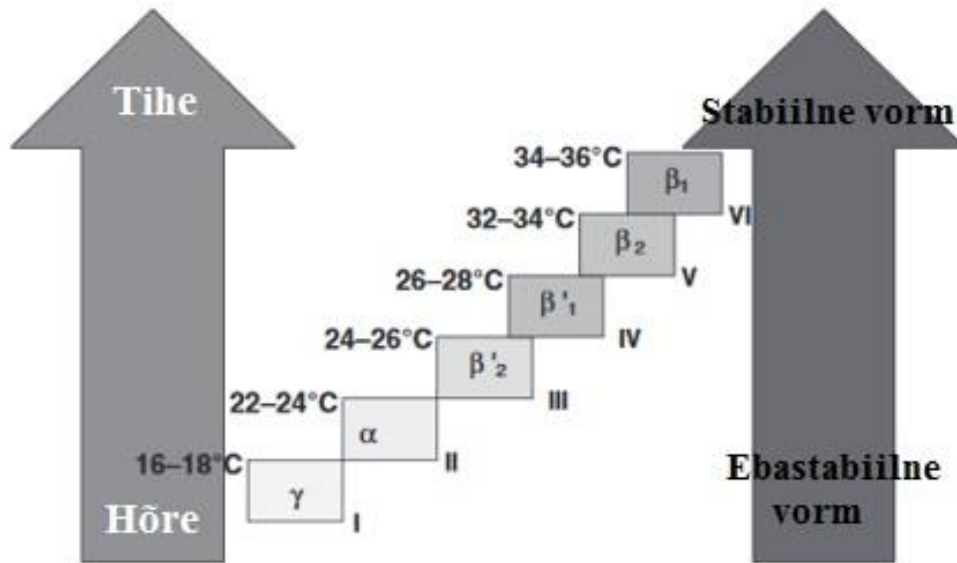
### **Šokolaadimassi tempereerimine**

Tempereeritud šokolaad on salajane professionaalse ja kõrge kvaliteediga šokolaadi toodetele. Tempereeritud šokolaad on sile, läikiva viimistlusega ja sobiva nipsuga. Šokolaad, mis on lihtsalt sulanud ja ei ole tempereeritud kipub olema toatemperatuuril pehme või kleepuv ning võib olla ka halli või valge triibuga või laigudega. Tempereerimine on lahendus nende probleemide vältimiseks ja ilusate, maitsvate šokolaaditahvli valmistamiseks. (Gray, 2007)

Tempereerimisega kindlustatakse kakaovõi õige kristalliseerumisvorm. Kakaovõi on polümorfne ja võib kristalliseeruda kuuesse erinevasse kristallvormi (I-VI), mille peamised omadused on  $\alpha$ ,  $\beta$  ja  $\beta'$  nagu toodud joonisel 3. Vorm V,  $\beta$ -polümorf on üldiselt kõige eelistatavam vorm hästi tempereeritud šokolaadis, mis annab läikiva välimuse, hea murduvuse, kontraktsiooni ja ennetab hallinemist. (Gray, 2007; Afoakwa, 2010)

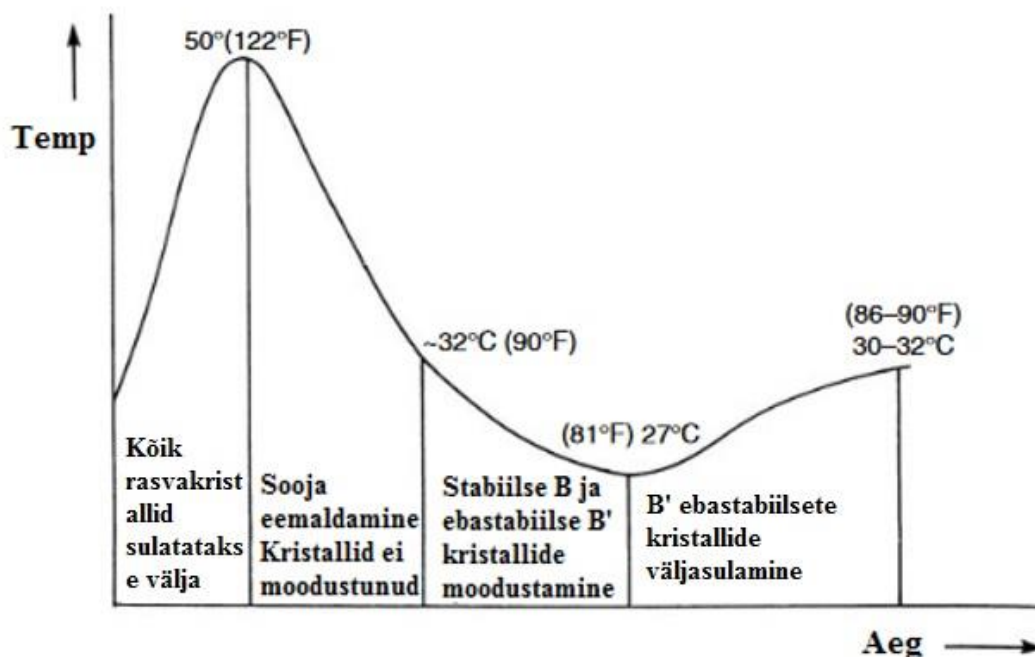
On mitmeid põhjuseid, miks tempereerimine on vajalik. Esialgu on vaja kiirendada šokolaadi tahkumist jahutussüsteemis, võimaldada tahkumist stabiilse  $\beta$ V kristallvormi, anda šokolaadi pinnale hea läige ja võimaldada šokolaadi käitlemist hilisemates protsessides (pakkimisel) ning tagada piisav kuumakindlus ja kõvadus. Lisaks tuleb vältida rasvade rääsumist, anda materjalile hea kokkutõmbumisvõime ja vormitavus ning tagada tahvlile purustamiseks korralik murduvus. (Talbot, 2009)





**Joonis 3.** Temperatuurirežiimid ja stabiilsus kuues kakaovõi polümorfses vormis (Afoakwa, 2010)

Tempereerimine tagab kakaovõi ekvivalendi kristalliseerumise stabiilses vormis. Kõige sagedamini kasutatav tempereerimismeetod hõlmab järgmisi samme, nagu toodud joonisel 4. Šokolaadi tuleb kõigepealt kuumutada ligikaudu 50 °C-ni, et tagada rasva täielik sulamine, kuni kogu šokolaadimass on täiesti vedel. Seejärel jahutada ja sulatatud šokolaadimass segada, et kutsuda esile kristalliseerumine. (Beckett, 2009)



**Joonis 4.** Piimašokolaadi tempereerimine (Beckett, 2009)

## **Šokolaadimassi aereerimine**

Mullide kasutamine on levinud mitmete toiduainete puhul – šokolaadist kuni kookideni, karastusjookidest kuni šampanjani. Kuigi nad ei lisa toidule toiteväärtust, muudavad nad tekstuuri ja maitseomaduste tundlikkust. Süsihappegaas annab šokolaadile õrnust. Vaatamata sellele, et mullide lisamist toidule tööstuslikult üha laiendatakse, ei ole mullide moodustumise ja käitumise mehhanismid veel kuigi hästi teada. Šokolaad peab enne aereerimist olema korralikult tempereertud. Tempereerimine on oluline, kuna see soodustab soovitud triglütseriidide kontrollitud kristalliseerumist, millel on kriitiline mõju seadistusomadustele, vahu stabiilsusele ja lahtivõtuomadustele. (Haedelt jt, 2007)

Gaseeritud ehk aereeritud šokolaadil on madalam tihedus kui tavalisel šokolaadil, sest osa tahkest materjalist ja rasvast on asendatud gaasiga. See annab tarbijale suurema ja paksema toote, millel on väiksem kaal, reeglina pehme tekstuur ja kerge sulamisvõime. See ei vähenda kalorsust ja gramm kaalu kohta on kas õhuga sarnane või mitte. (Beckett, 2009)

Aereerimine mõjutab toote tihedust (tihedus väheneb), toote tekstuuri, mis tekitab suus teistsuguse tunde, samuti annab tootele erineva välimuse ja suurema pindala. Samas lüheneb toote säilivusaeg, sest peeneks jagatud õhumullid ja suurenenud poorsus võivad suurendada oksüdatsioonireaktsiooni, mis omakorda mõjutab rasva ja maitseaineid, vähendades viimaste intensiivsust. (Jeffery, 1989; Afoakwa, 2010)

Mullide lisamine šokolaadile toob kaasa vahu, milles gaas on dispergeeritud peamiselt kakaovõi pideva rasva faasis, mis sisaldab suhkrut, kakaoubet ja piimašokolaadi puhul piimapulbri osakesi. Kaubanduslikult alustati šokolaadi aereerimist 1935. aastal. Alates sellest ajast on šokolaadile mullide sisseviimiseks välja töötatud mitmeid erinevaid meetodeid. Vaatamata erinevate protsesside arendamisele on mullide moodustumine ja stabiliseerumine raskesti mõistetav ning sellealaseid teadusuurimusi on vähe läbi viidud. (Haedelt jt, 2007)

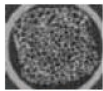



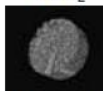



## **Gaaside valik**

Toiduainete aereerimisel on võimalik kasutada nelja erinevat gaasi, et saada erinevat tüüpi aereeritud šokolaaditahvleid. Need neli gaasi on: süsinikdioksiid ( $\text{CO}_2$ ), lämmastik ( $\text{N}_2$ ), dilämmastikoksiid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ja argoon ( $\text{Ar}$ ). Haedelti (2007) uuringud näitasid, et lämmastiku kasutamise tulemuseks on väiksemad mullid ( $d_{\text{keskmine}} = 0,13 \text{ mm}$ ), sarnane tulemus oli argooni kasutamisel ( $d_{\text{keskmine}} = 0,19 \text{ mm}$ ). Mõlemad gaasid põhjustavad väikeste mullide

moodustumist, mis pole inimese silmaga selgelt tuvastatavad. Nende aeratsioonikäitumist võiks nimetada mikroaeratsiooniks. Süsinikdioksiid ( $d_{\text{keskmine}} = 0,51 \text{ mm}$ ) ja diämmastikoksiid ( $d_{\text{keskmine}} = 0,41 \text{ mm}$ ) moodustavad aga suuremat mullid. Pealegi on gaasi kinnihoidmise väärtus  $\text{CO}_2$  ja  $\text{N}_2\text{O}$  palju suurem (68 ja 66%) kui  $\text{N}_2$  ja Ar (29 ja 34%). Kõrgema lahustuvuse tulemuseks on suur mullide arv ja tihedus. Aereerimiseks saab kasutada nii  $\text{CO}_2$  kui  $\text{N}_2\text{O}$  gaase, kuid reeglina kasutatakse süsinikdioksiidi rohkem, sest keskmine mullide suurus on sel puhul 24% suurem ja gaasi kinnihoidmise väärtus on 2% kõrgem. Mullide ruumilised mudelid ja nende jaotus šokolaadimassis on toodud tabelis 4. Aeratsiooni ja kõvaduse poolest lämmastik ja argoon andsid väga sarnased tulemused, samal ajal süsinikdioksiidi ja diämmastikoksiidi proovid olid rohkem gaseeritud ja pehmemad.  $\text{CO}_2$  ja  $\text{N}_2\text{O}$  põhjustavad suuremate mullide teket, mis omavahel põhjustab kiiret sulamist. Seega šokolaad, mis on vähe aereeritud ( $\text{N}_2$  ja Ar) on palju tihedam ja seetõttu šokolaaditahvel on kõvem. (Haedelt jt, 2007)

Tänapäeval aereeritakse tempereeritud šokolaadimassi enamasti  $\text{CO}_2$  (E290) gaasiga tempereerimismasinas hermeetilistes tingimustes modifitseeritud atmosfääri all. Tempereerimine ja õhutamine (aereerimine) võib toimuda ühes masinas. Kui aereerimine pole nõutav, lülitakse gaasi süstimine välja. (Apet, Pashuk, 2004)

**Tabel 4.** 2D ja 3D mullide mõõtmed nelja erineva gaasi jaoks (Haedelt jt, 2007)

Gaasi tüüp	$\text{CO}_2$	$\text{N}_2\text{O}$	Ar	$\text{N}_2$
2D pilt				
2D $d_{\text{keskmine}}$	$0.51 \pm 0.32$	$0.41 \pm 0.21$	$0.19 \pm 0.1$	$0.13 \pm 0.09$
Mullide arv	$227 \pm 3$	$222 \pm 27$	$234 \pm 5$	$218 \pm 8$
3D pilt				
3D $d_{\text{keskmine}}$	$0.58 \pm 0.26$	$0.50 \pm 0.25$	$0.18 \pm 0.17$	$0.16 \pm 0.12$
Mullide maht	$0.18 \pm 0.03$	$0.15 \pm 0.03$	$0.02 \pm 0.01$	$0.014 \pm 0.01$
Mullide arv	$234 \pm 37$	$240 \pm 37$	$175 \pm 23$	$149 \pm 16$

## **Šokolaadi aereerimistehnikad**

Suletud aereerimissüsteemid on eelistatumad, kuna need võimaldavad gaasi/vedeliku mahtu valida ja annavad võimaluse toimida kõrgemal atmosfäärirõhul. Saavutatakse mitmesuguseid tihedusi, alates  $1,20 \text{ g/cm}^3$  (mikro-aeratsioon, mida iseloomustab väiksemate mullide olemasolu ja väiksem gaasifraktsioon) kuni  $0,23 \text{ g/cm}^3$  (makro-aeratsioon, mida iseloomustavad suuremad mullid). Madalaim tihedus on  $0,10\text{-}0,20 \text{ g/cm}^3$ . (Jeffery, 1989)

### **Aereerimine vaakumi abil**

See protsess seisneb gaasi segamises rasvasuspensiooniga, produkti ladestamises vormi ja mullide paisutamises vaakumi abil, materjali samaaegselt jahutades, et moodustada stabiilne kristallstruktuur. Gaas väljub lahusest vaakumimullide kujul. Vaakumprotsessi käigus tekib tekstuur mullide kontsentratsiooniga  $0,4\text{-}0,70 \text{ g/cm}^3$ , mille puhul šokolaadi esialgne tihedus on  $1,25$  kuni  $1,30 \text{ g/cm}^3$ . Vaakumkindlus võib varieeruda vahemikus  $0,68$  kuni  $0,95$  baari. Mõned moodustunud mullid on üsna suured, mõned vaid paarimillimeetrise läbimõõduga. (Jeffery, 1989)

### **Aereerimine lahustunud gaasiga**

Selles protsessis lahustatakse gaas tempereeritud šokolaadimassis teatud rõhu all. Kui segu lastakse surveanumast välja, paisub lahustunud gaas tänu sellele, et ümbritseva keskkonna rõhk muutub ning šokolaadimassi paksus kasvab, mistõttu gaas väljub lahusest mullide kujul. Seejärel saab vahustatud šokolaadi vormida ja jahutada, mis aitab stabiliseerida mullide struktuuri. Aereerimine lahustunud gaasiga annab ühtlase, õhukese seinaga mullidest koosneva struktuuri, mille tihedus jääb  $0,40\text{-}0,70 \text{ g/cm}^3$  vahemikku. Whittaker & Phillips olid esimesed leiutajad, kes kasutasid seda tehnoloogiat mullide lisamiseks sulatatud šokolaadi. (Jeffery, 1989)

### **Aereerimine ekstrusiooni abil**

Seda protsessi kasutatakse õõnsate torukeste moodustamiseks kogu toote pikkuse ulatuses. Tempereeritud šokolaadimass pressitakse läbi teatud suuruses pooridega matriitsi. Tänu sellele sisaldab lõpptoode pikki poore kogu toote pikkuse ulatuses. Protsess annab erilise krõbeda ja ainulaadse tekstuuriga šokolaadi. Mõned teised meetodid hõlmavad gaasi kinnipüüdmist kristalliseerunud rasva faasis, pöördfaasi aereerimist ja külma ekstrusiooni. (Jeffery, 1989)

## **Lõplik töötlemine**

Lõplikuks töötlemiseks šokolaadimass jahutatakse ja pakitakse. (Afoakwa, 2010)

Jahutamiseks kasutatakse mitmekorruselist või tunnel külmkappi, mis on jagatud erinevate temperatuuridega sektsioonideks. Esimeses sektsioonis toimub aeglane jahutamine ehk temperatuurid on veidi madalamad kui valamisel (20-22 °C). See on vajalik selleks, et šokolaadil et tekkiks “külmašokki”. Teine ehk keskmine sektsioon on kõrge külmutamine ehk 10-12 °C ning jahutusõhk liigub kiiresti, et eemaldada tahvlitelt kakaovõi kristalliseerumisel eraldunud soojus ja takistada niiskuse kondenseerumist šokolaadi pinnale. Kolmandas ehk viimases tsoonis tõstetakse temperatuur toatemperatuurini. Selle käigus vormitakse šokolaadi tahke kujund ning valmistatakse see ette vormidest väljalöömiseks ja pakkimiseks. Kogu kolmetsooniline jahutusprotsess kestab keskmiselt 50 minutit. (Beckett, 2009)

Kui šokolaad on jahutatud ja vormidest välja löödud, šokolaaditahvlid pakitakse. Müügipakendina kasutatakse alumiiniumfooliumirulle. Alumiiniumfooliumi kasutatakse seetõttu, et see tagab täieliku kaitse valguse, niiskuse, hapniku ja bakterite juurdepääsu vastu. Kuna šokolaad on temperatuuri- ja niiskustundlik, on alumiiniumfoolium kõige parem müügipakendi valik. (Apet, Pashuk, 2004)

## **Šokolaadi hindamis- ja uurimismeetodid**

Šokolaadi sensoorseid omadusi hinnatakse enamasti kirjaliku sensoorse testi abil. (Afoakwa, 2010)

Peamised organoleptilised näitajad:

Pind - peab olema läikiv, ilma hallide plekkideta.

Kuju - plaatide ja joonise kuju peab olema õige ja selge, konsistents on tahke temperatuuril 16-22 °C. Laialdases valikus lisandid (vahvlid, pähklid, suhkrustatud puuviljad) peavad kogu massis ühtlaselt jaotuma.

Värvus - peab olema homogeenne, helepruunist kuni tumepruunini; lisanditega ja fooliumiga pakendatud šokolaadi värvus võib olla veidi tuhmim ja valgel – kreemjas.

Maitse ja lõhn - peavad olema šokolaadile iseloomulikud, õrna või vanilje maitsega, samuti tooma esile lisandite maitse ja meeldiva kibekuse.

Niiskus - niiskusesisaldus ei tohi ületada: ilma lisaaineteta 1,2%, piimatoodete lisamisel 3%, puuviljasisalduse puhul 5%. (Afoakwa, 2010)

Aereeritud šokolaaditahvli põhjaks võiks olla harjapind ning kõrgendatud sulamisvõime oksüdatsiooni tagajärjel. Närides purustatakse toode osakesteks (kuival kujul) ja tahvel puruneb paljudeks väikesteks tükkideks. (Jeffery, 1989; Haedelt jt, 2007)

## **Mikroskoopia**

Mikroskoopiat kasutatakse šokolaadi ja muude kondiitritoodete hindamisel üsna harva. Viimasel aastatel on siiski tehtud rohkem jõupingutusi sobivate meetodikate väljatöötamiseks. Šokolaadisüsteemide mikrostruktuuride uurimiseks on kirjeldatud järgmisi meetodeid: polariseeritud optiline mikroskoopia (*ing. Polarized light microscopy*), stereoskoopiline binokulaarne mikroskoopia, skaneeriv elektronmikroskoopia (*ing. Scanning electron microscopy e. SEM*), konfokaalne skaneeriv lasermikroskoopia (*ing. Confocal laser scanning microscopy e. CLSM*), radioloogiline mikroskoopia. (Delbaere jt, 2016)

Polariseeritud optilist mikroskoopi kasutatakse enamasti kakaovõi kristallisatsiooniprotsessi uurimiseks. Polariseeritud valguse all suhkur ja rasv kristalliseeruvad ja on mikroskoobi all nähtavad valgete täppidena. Kuna šokolaaditooted ei ole läbipaistvad, jääb mikrostruktuuride uurimine piiratuks. (Delbaere jt, 2016)

SEM pildistamine on veel üks tehnika, mida saab kasutada šokolaadiproovide mikrostruktuuri uurimiseks. Skaneeriv elektronmikroskoop kasutab elektronkiire asemel valgust ja suudab näidata šokolaadiproovide morfoloogiat võimsalt suurendatuna. (Delbaere jt, 2016)

Hiljuti loodi šokolaaditoodete mikrostruktuuri uurimiseks uus CLSM-i kasutatav visualiseerimistehnoloogia. CLSM mikroskoop kasutab laserkiiri ja annab teavet mikrostruktuuri kohta konkreetsel (piiratud) sügavusel või proovi fokaaltasandil. CLSM tehnika abil saab visualiseerida rasva, suhkrut, kakao, piimapulbri ja teiste osakeste ruumilist jaotust. On võimalik luua 3D-kujutisi, mis võivad anda teavet struktuursete andmete, pakkimistiheduse ja osakeste vahekauguste kohta šokolaadiproovides. (Delvaere, 2016)

Sünkrotron-röntgenkiirguse mikrotomograafia kasutamine võimaldab hinnata tumeda šokolaadi ja aereeritud šokolaadi mikrostruktuuri. Selline meetoodika kasutab sünkrotroni (elektronide kiirendi), et visualiseerida aine süvastruktuure, ilma neid seejuures hävitamata. Tooteid saab kujundada ruumiliste kujutiste abil. Selle tehnika puuduseks on resolutsioon ehk

pildikvaliteet. Minimaalne tuvastatav osakese suurus oli 6  $\mu\text{m}$ , kuid šokolaad sisaldab märkimisväärses koguses veelgi väiksemaid osakesi. (Delvaere, 2016)

## **Reoloogia**

Šokolaad käitub anormaalviskoossusega (*non-Newtonial*) vedelikuna, millel on mitteideaalne plastne käitumine – kus lõikamine toimub pärast seda, kui saaduse väärtus on saavutatud. Selle põhjuseks on kolmemõõtmeline materjali kokkuvarisemine ja asümmeetriline osakeste struktuur. Nihkejoontes suureneb nihke määr, mis põhjustab viskoossuse vähenemist, kuni see muutub sõltuvaks nihkepingest suurel nihkeajal. Šokolaadil on ajaliselt piiritletud käitumine. Nihkepinge ja viskoossuse muutus konkreetse nihke korral toimub aja jooksul, mis võib olla seotud materjali struktuuri muutusega. Viskoossuse vähenemine lõikejõu ajal koos nihkeajaga, millele järgneb struktuuri taastumine stressi eemaldamisel, nimetatakse tiksotroopiaks (paljude geelide või muude ainete omadus mehaanilisel mõjutusel vedelduda). Hästi konšeeritud šokolaad ei tohiks siiski olla tiksotroopne. (Kris-Etheron jt, 1994; Afoakwa, 2010)

## EKSPIREMENTAALNE OSA

### Katsematerjal

Katsematerjalina kasutati tumedat glasuuri, sest puudus korralik tempereerimisvõimalus. Šokolaadimassi valmistamisel tuleb arvestada tempereerimisega, sest see sisaldab kakaovõid, mis on polümorfne. Tavaline glasuur ei vaja tempereerimist sellepärast, et selle koostises on kakaovõi asemel taimerasv. Katses kasutatava glasuuri tarnija oli AS Kalev, ning glasuuri koosis on toodud tumeda glasuuri spetsifikatsiooni lehel (Lisa 1.).

Glasuur on kondiitritoodete pooltoode, mis võrreldes šokolaadiga võib sisaldada 30-34% taimerasva. Tavaliselt valmistatakse glasuur tuhksuhktust, taimerasvast või kakaovõi asendajast ning kakaopulbrit ja muudest soovitatud toidulisanditest. Reeglina sulab glasuur hästi, ning tahkub jahutamisel, mistõttu seda kasutatakse tahkete toodete krõbeda koorikuga katmiseks. Protsessi, mida üldiselt nimetatakse glasuurimiseks (*ing. enrobing*), rakendatakse mitmesuguste toiduainete puhul: pähklid, maitsestatud geelid, koogid, sõõrikud, küpsised, suhkruvahvlid, jäätis, puuviljad jt. Glasuuri ja ka teistsuguste katete põhieesmärk on olla maitsekandja, ning kõige populaarsem maitse on šokolaadimaitse. (Stauffer, 1996)

On olemas erinevaid glasuuriliike, näiteks niinimetatud šokolaadiglasuur, kus kakaopulbrit on vähemalt 25% ja kakaovõi moodustab 12% kogu rasvasisaldusest. Piimašokolaadi glasuur sisaldab 15% kakaopulbrit, 5% kakaovõid ja 12% piimapulbrit, ning piimarasva osa moodustab 2,5% kogu rasvast. Valge šokolaadi glasuuris on 10% kakaovõid, 14% piimapulbrit ning 2,5% piimarasva kogu rasvasisaldusest. Tavaline tume glasuur, mida kasutati katselises osas, sisaldab 34% taimerasva ning ei sisalda üldse kakaovõid. (GOST R 53041-2008)

### Eelkatse

Nii eelkatseid kui ka põhikatseid teostati Eesti Maaülikooli VLI toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetooli mikromeierei ja jookide tehnoloogia laboris.

Alguses kasutati glasuuri aereerimiseks  $N_2O$  gaasi, kuna see gaas oli kergesti kättesaadav. Tulemus polnud rahuldav, kuna saadi kõrge tihedusega tahvlid, kus mullide keskmine suurus oli väike ja nende jaotus oli ebaühtlane.  $CO_2$  gaasi kasutades olid mullid suuremad kui dilämmastikoksiidi kasutamise puhul. Sellepärast otsustati põhikatseteks kasutada  $CO_2$  (E290) gaasi.



## **Põhikatse**

### **Glasuuri viskoossuse määramise metoodika**

Reoloogilised mõõtmised viidi läbi Brookfield DV-III Ultra reomeetriga. Glasuuri viskoossust uuriti 50, 40 ja 30 °C juures. Vastava temperatuuri saavutamiseks kuumutati glasuuri pliidi peal kausis, pidevalt segades. Temperatuuri saavutades valati 15 ml glasuuri ümber proovianumasse viskoossuse mõõtmise adapteris. Katse ajal hoiti vastavat temperatuuri reomeetri komplekti kuuluva termostaadi TC-602 abil.

Glasuuri viskoossuse määramiseks kasutati programmi Rheocalc v3.3 build 49. Valiti spindel SC4-29. Kokku teostati kolm katset, iga katse jaoks kasutati konstantset spindlikiirust 50 RPM-i nihke määрусega  $12.5 \text{ s}^{-1}$ . Antud kiirustel oli pöördemoment 21-36 %.

### **Glasuuri aereerimise metoodika**

400 g glasuurimassi kuumutati pliidi peal kausis pidevalt segades. Kui temperatuur ületas 50 °C, pandi kuumutatud glassuurimass vesivanni, et temperatuuri hoida ja reguleerida. Täideti 400 g vahukoorevalmistaja Hendi (toodud joonisel 5) glasuuriga ja suleti hermeetiliselt. Iga katse jaoks kasutati kaks CO<sub>2</sub> (E290) ballooni mahuga 10 ml. Kui gaas oli lisatud, raputati vahukoorevalmistajat intensiivselt 20 sekundi jooksul, et mass segunek gaasiga uhtlaselt. Järgmise etapina valati aereeritud mass kaaulule asetatud polüpropüleenkarpi, igasse karpi täpselt 100g glasuurimassi. Seejärel suleti karbid võimalikult kiiresti kaanega, ning asetati vaakumpakendajasse Vision Pack VP01. Vaakumi tase oli 50%. Pärast vakumeerimist pandi karbid 50 minutiks külmkappi, et mass tahkuks täielikult. Kasutatud metoodika valiti sellepärast, et see võimaldab taasluua lahustunud gaasi aereerimisprotsessi põhimõtet.



**Joonis 5.** Vasakult paremale – vasivann Memmert koos glasuurimassiga ja Hendi vahustkoorevalmistaja lahtisena

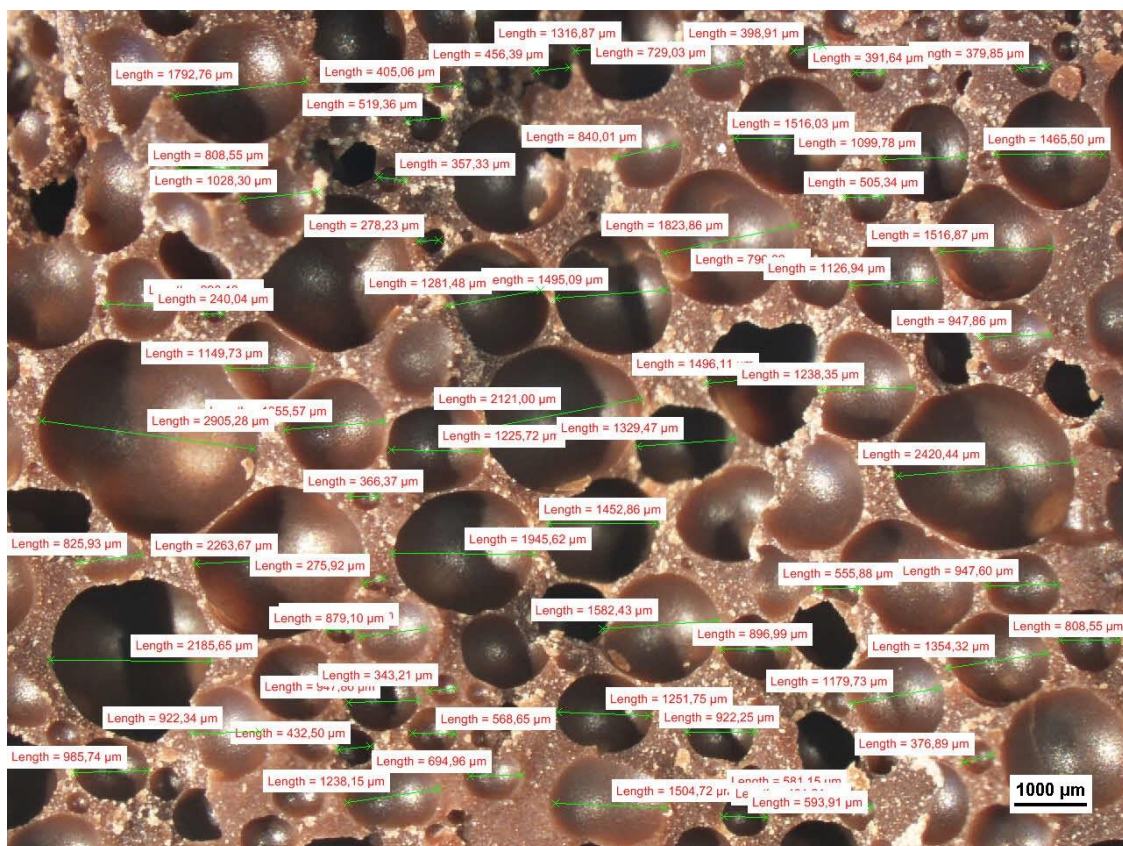
### **Mullide läbimõõdu määramise metoodika**

Mullide läbimõõdu määramiseks kasutati põhikatses tehtud glasuuritahvleid. Iga tahvel jagati mitmeks tükiks, mida kasutati preparaadi valmistamiseks. Selleks lõigati tahvli teatud kohtadest võimalikult lamedad tükid, mida uuriti mikroskoobi all vajaliku suurendusega. Joonisel 6 on toodud murdumisjooned kahes suunas punase värviga. Numbriga 1 kuni 5 on märgistatud kohad, millest tehti digifotod. Fotod tehti Nikon DS-U2/L2 USB kaameraga, mis kuulub valgusmikroskoobi Nikon SM21000 komplekti. Fotod salvestati ja töödeldi NIS-Elements vD3.1 arvutiprogrammiga. Joonisel 7 on esitatud mullide läbimõõdu mõõdistamine manuaalselt. Iga mulli puhul mõõdeti laiust ( $d_1$  ehk mulli diameeter horisontaalselt) ning kõrgust ( $d_2$  ehk mulli diameeter vertikaalselt). Kõikide digifotode pindala oli  $1,1 \times 1,5$  cm ( $1,65$  cm<sup>2</sup>). Kuna igast šokolaaditahvlist tehti viis digifotot ning igal digifotol oli keskmiselt 70-120 gaasimulli, siis kokku analüüsiti ligikaudu 1500 gaasimulli.

Andmete haldus ja statistiline analüüs teostati tabelarvutusprogrammi MS Excel 2010 abil.



**Joonis 6.** Murdumiskohad ja pildistamiskohad

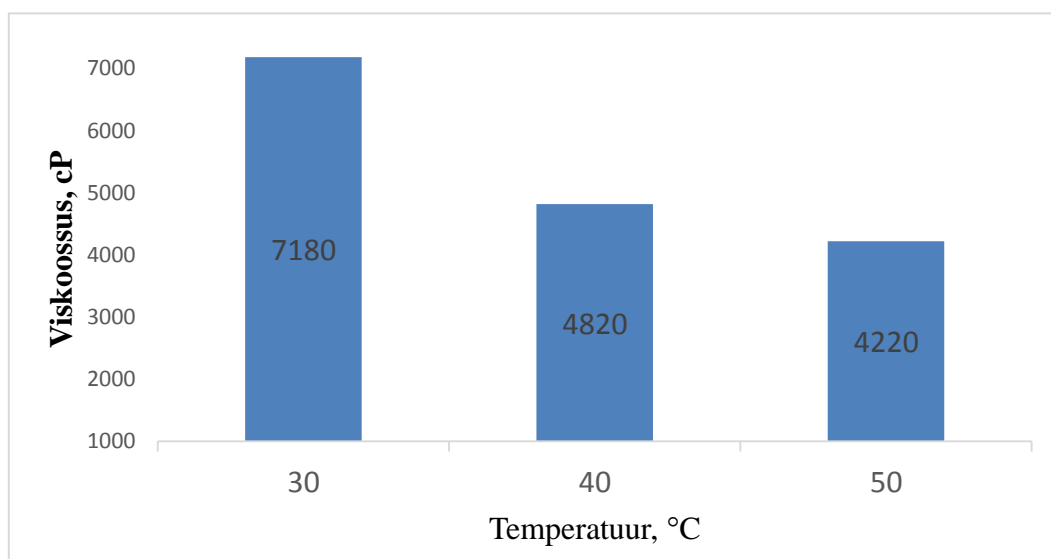


**Joonis 7.** Mullide mõõtmete määramise põhimõte 30-33 °C juures aereeritud glasuuri näitel

## Katsetulemused ja arutelu

Katsetulemustest selgus, et temperatuuril 50 °C oli glasuuri viskoossus kõige madalam (4220 cP), kõige korgem glasuuri viskoossus oli 30 °C juures (7180 cP). Temperatuuril 40 °C oli glasuuri viskoossus lähedane viskoossusele 50 °C (4840 cP) juures. Nihke määr viskoossuse määramisel oli  $12.5 \text{ s}^{-1}$ . Tulemused on toodud graafiliselt joonisel 8. Tumeda šokolaadi Brookfieldi testi (brookfield test allikas) järgi on viskoossus 40 °C juures ja nihke määrusega  $12.5 \text{ s}^{-1}$  5850 cP, ent põhikats tulemuste järgi oli tumeda glasuuri viskoossus 40 °C juures ja nihke määrusega  $12.5 \text{ s}^{-1}$  4840 cP. Kuna vahe on suhteliselt väike, tekib võimalus kasutada seda temperatuuri tumeda glasuuri aereerimise protsessi taasloomiseks.

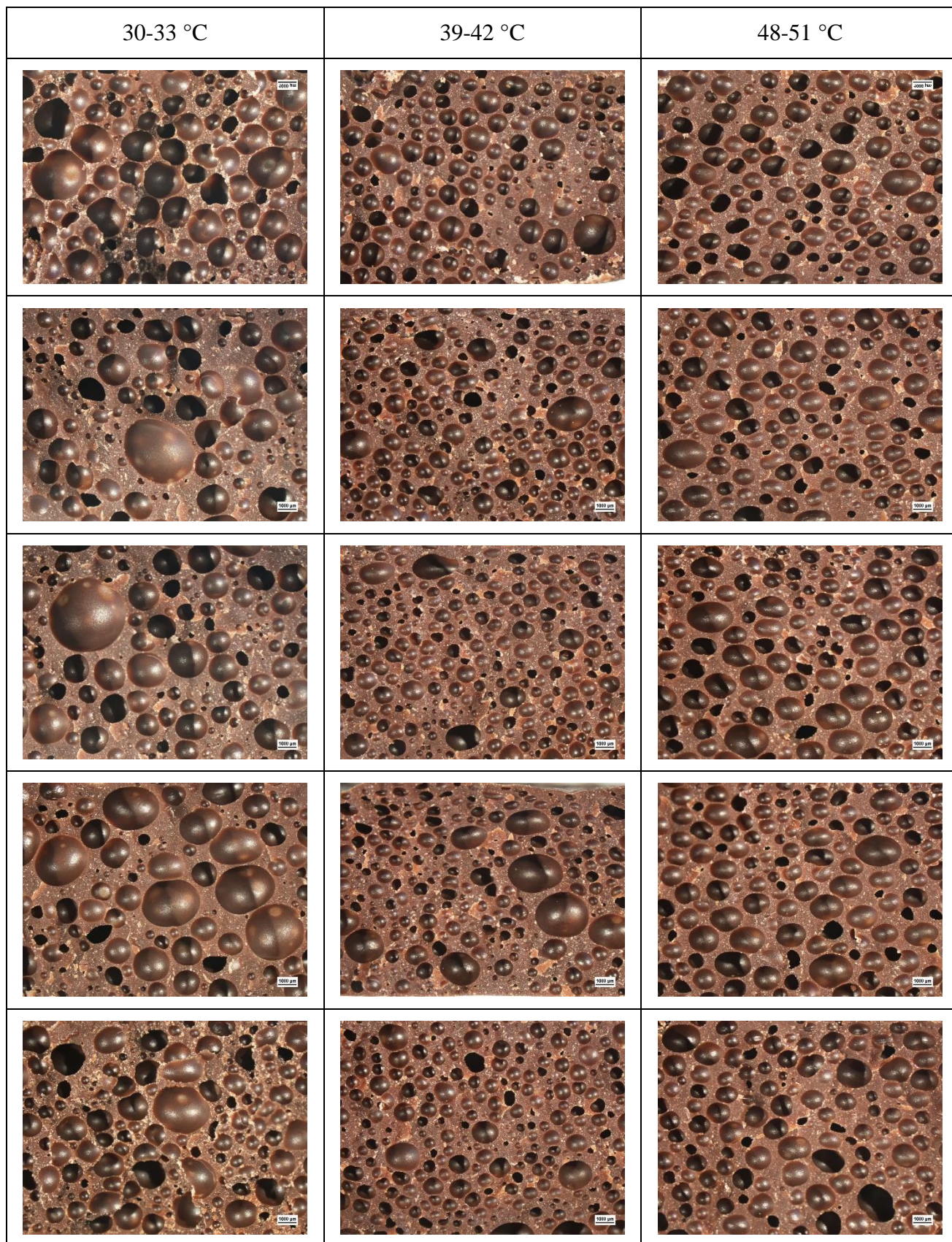
Tumeda glasuuri madalamat viskoossust võrreldes tumeda šokolaadiga võib selgitada sellega, et tumedas glasuuris on taimerasvade suhe kakaovõiga võrreldes teine. Taimseid rasvu nimetatakse tavaliselt tahkunud (kõvaks) võiks. Seega on šokolaadi keskmine viskoossus kõrgem kui glasuuri keskmine viskoossus. (Talbot, 2009)



**Joonis 8.** Glasuuri viskoossus sõltuvalt temperatuurist (Nihke määr =  $12.5 \text{ s}^{-1}$ )

Mikroskoopilises uuringus saadi 15 digifotot, mis on toodud joonisel 9. Temperatuuril 30-33 °C oli mullide jaotus ebaühtlane. Mullid olid erineva suurusega, erines nii väga suuri kui ka väikesi. Temperatuuril 39-42 °C oli mullide jaotus ühtlasem, suuri mulle oli vähem. Temperatuuril 48-51 °C mullide jaotus oli ühtlane ja suurus ühesugune. Suurte mullide arv oli kolmest katsest kõige madalam.





**Joonis 9.** Mullide jaotus temperatuurivahemikkudel 30-33, 39-42, 48-51 °C

**Tabel 5.** Mullide keskmine, maksimum- ja miinimumdiameeter ja keskmine mullide arv viie digifoto põhjal sõltuvalt aereerimistemperatuurist

Temperatuur	Keskmine diameeter (µm)	Variatsioonikordaja (%)	Keskmine maksimum diameeter (µm)	Keskmine miinimum diameeter (µm)	Keskmine mullide arv (tk/cm <sup>2</sup> )
30-33 °C	d1 – 1229,6 <sup>a</sup>	51,3	d1 – 3471,3	d1 – 233,5	44
	d2 – 942,3 <sup>a</sup>	57,6	d2 – 3036,2	d2 – 182,8	
39-42 °C	d1 – 768,9 <sup>b</sup>	42,7	d1 – 2300,2	d1 – 221,4	73
	d2 – 636,1 <sup>a</sup>	41,8	d2 – 1807,8	d2 – 209,8	
48-51 °C	d1 – 973,7 <sup>a</sup>	40,4	d1 – 2284,6	d1 – 246,3	72
	d2 – 776,6 <sup>a</sup>	37,1	d2 – 1739,1	d2 – 181,2	

Märkused:

d1 – horisontaalne mullide diameeter, d2 – vertikaalne mullide diameeter.

Tähis «a,b» - samade indeksitega keskmised ei erine statistiliselt oluliselt ( $p < 0,05$ )

Mullide keskmine, maksimum- ja miinimumdiameeter ning mullide arv viie digifoto põhjal sõltuvalt aereerimistemperatuurist on toodud tabelis 5. Kõige suurema diameetriga mullid (d1 - 1229,6 µm ja d2 – 942,3 µm) tekkisid temperatuuril 30-33 °C, samuti oli suurim nende variatsioonikordaja, sest esinesid nii väga suured kui ka väga väiksed mullid (variatsioonikordaja 30-33 °C – 51,3% ja 57,6%). Sellel temperatuuril oli kõige väiksem mullide arv (keskmiselt 44 tk/cm<sup>2</sup> viie digifoto põhjal). Ülejäänud temperatuuridel (39-42 °C ja 48-51 °C) oli keskmine mullide arv peaaegu sama (73 ja 72 tk/cm<sup>2</sup>), kuid 39-42 °C juures oli mullide diameeter 22% väiksem kui temperatuuril 48-51 °C. Variatsioonikordaja oli mõlema temperatuuri puhul suhteliselt sarnane, ehk mullide suurus oli ühtlane. Sõltumata temperatuurist oli kõikide mullide d1 suurem kui d2, mis tähendab, et mullide keskmine kuju oli horisontaalselt piklik. Seda kuju võib paremini näha kõrgemal temperatuuridel 48-51 °C, kuid madalamal temperatuuril oli mullide kuju pigem ümmargune, sest madalamal temperatuuril toimub tahkumine kiiremini ja mullid ei jõudnud vajuda ehk ovaalset kuju võtta.

## Kokkuvõte

Šokolaadi leiutamise ja valmistamise ajalugu on pikk ja keeruline, alguse saanud 6. sajandil ja kestnud tänapäevani välja. Maiade hõimude algteadmised šokolaadijoogi valmistamisest jõudsid tänu Uue Maailma avastamisele ka Euroopasse, kus šokolaad arenes välja selliseks maiuseks, nagu täna seda tunneme. Maitset on rikkad ja keerukad ning erinevad šokolaadivariandid on erilise maitsega.

Šokolaadi klassikaline tootmistehnoloogia hõlmab õiget toorainete kokkusegamist, konšeerimistehnoloogiat, tempereerimist ning jahutamist, et saada kvaliteetne valmistoode.

Šokolaadi aereerimine on üks võimalus toota uue tekstuuri ja organoleptiliste tunnustega produkti. Gaaside valik aereerimisprotsessidel on lai ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , Ar), kuid enamasti kasutatakse süsinikdioksiidi (E290), sest ta annab kõige suuremaid mulle ( $d_{\text{keskmine}} = 0,51 \text{ mm}$ ) ja head gaasi kinnihoidmist (68%).  $\text{CO}_2$  kasutatakse kolmel erineval meetodil: aereerimine vaakumi abil, aereerimine lahustunud gaasiga ja ekstrusiooni aereerimine.

Bakalaureusetöö eksperimentaalses osas uuriti šokolaadi aereerimisprotsessi erinevatel temperatuuridel tumeda glasuuri näitel. Katsematerjalina kasutati tumedat glasuuri sellepärast, et korralik tempereerimisvõimalus puudus. Glasuuri ei tempereerita, kuna koostisosas on 34% taimerasva kakaovõi asemel, mis ei vaja eeltöötlust.

Eelkõige uuriti tumeda glasuuri viskoossust. Katsetulemustest selgus, et temperatuuril  $50^\circ\text{C}$  glasuuri viskoossus oli kõige madalam (4220 cP) ja kõige kõrgem glasuuri viskoossus oli  $30^\circ\text{C}$  juures (7180 cP). Temperatuuril  $40^\circ\text{C}$  viskoossus oli lähedane glasuuri viskoossusega  $50^\circ\text{C}$  (4840 cP) juures. Tumeda šokolaadi ja glasuuri viskoossuse vahe oli suhteliselt väike, mis andis võimaluse kasutada tumedat glasuuri aereerimise protsessi taasloomiseks.

Aereerimisprotsessiks kasutati lahustunud gaasiga aereerimismetoodikat. Katsetes kasutati kolm erinevat tingimust aereerimisel ning saadi kolm erinevat tulemust, mis omakorda uuriti mikroskoobi abil. Mullide jaotus  $30\text{--}33^\circ\text{C}$  juures oli ebahürtlane, erineva suurusega, esinesid nii hästi suured kui ka väikesed mullid. Temperatuuridel  $39\text{--}42^\circ\text{C}$  ja  $48\text{--}51^\circ\text{C}$  mullide jaotus oli ühtlasem ja peaaegu sarnase suurusega, väiksema variantsioonikordajaga. Mullide kuju oli ümaram madalamatel temperatuuridel kiirema kristalliseerumise tõttu, kuigi kõrgematel temperatuuridel mullide kuju oli pigem horisontaalselt piklik.

Sellest tulenevalt, madalamate temperatuuride kasutamine on aereerimisel eelistatum. Kuna viskoossus madalamatel temperatuuridel on kõrgem, seega mullide jaotus ja suurus on selgelt kujundatud, mis tagab paremat tekstuuritunnet nii visuaalselt kui ka tunnet keele peal.



## **Kasutatud allikad**

**Afoakwa, E.O.** (2010) *Chocolate Science and Technology*. New Delhi, Wiley-Blackwell, 311 lk.

**Apet, T.K., Pashuk, Z.N.** (2004) Справочник технолога кондитерского производства. Том 1. Sankt Peterburg, GIORД, 554 lk.

**Beckett, S.T.** (2009) *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. Fourth Edition. Chennai, Wiley-Blackwell, 732 lk.

**Campbell, M.G., Mougeot, E.** (1999) Creation and Characterisation of Aerated Food Products. – *Trends on Food Science & Technology*, 10(9), 283-296

**Delbaere, C., Van de Welle, D., Depypere, F., Gellynck, X., Dewettinck, K.** (2016) Relationship Between Chocolate Microstructure, Oil Migration and Fat Bloom in Filled Chocoates. – *Journal of Lipid Science and Techonology*, 118(1), 1800-1826

**Talbot, G.** (2009) *Technology of Coated and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products*. Boca Raton, Woodhead Publishing, 505 lk.

**Ginzburg, A.S., Gromov, M.A., Krasovskaja, G.I.** (1980) Тепло-физические характеристики пищевых продуктов. Справочник. Москва «Пищевая промышленность».

**GOST R 53041-2008** (2010) НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ИЗДЕЛИЯ КОНДИТЕРСКИЕ И ПОЛУФАБРИКАТЫ КОНДИТЕРСКОГО ПРОИЗВОДСТВА. Confectionery and half-finished products of confectionery manufacture.

**Gray, M.** (2007) A Simple Method Tempering. - *Fine Cooking*. The Taunton Press, 67 lk.

**Haedelt, J., Beckett, S.T., Niranjan, K.** (2007) Bubble-Included Chocolate: Relating Structure with Sensory Response. – *Journal of Food Science*, 72(3), 138-142

**Haedelt, J., Cooke, P., Hargreaves, J.** (2006) Patent No. WO2006122823 Aerated fat-based compounds – *Value for money. Food Marketing & Techonology*, 4(2), 54 lk.

**Jeffery, M. S.** (1989) Aerated/Moulded Chocolate. – *The Manufacturing Confectioner*, 69 (11), 53-56

**Kris-Etherton, P.M., Derr, J.A., Mitchell, D.C.** (1993) The Role of Fatty Acid Saturation on Plasma Lipids, Lipoproteins and Apolipoproteins. Effects of Whole Foods Diets High in Cocoa Butter, Olive

Oil, Soybean Oil, Dairy Butter and Milk Chocolate on the Plasma Lipids of Young Men. – *Metabolism*, 130(4), 42 lk.

**Kris-Etherton, P.M., Derr, J.A., Mustad, V.A., Seligson, F.H., Pearson, T.A.** (1994) A Milk Chocolate Bar/Day Substituted for a High Carbohydrate Snack Increases High Density Lipoprotein Cholesterol in Young Men on a NCEP/ADA Step One diet. – *Am J Clin Nutrition*, 60(6), 1037S-1042S

**Marthina, K., Barringer, A.S.** (2012) Confectionery Coating with an Electrohydrodynamic (EHD) System. – *Journal of Food Science*, 71(1), E26-E31

**Stauffer, E.C.** (1996) Fats & Oils. – *American Association of Cereal Chemists*, Minnesota, 149 lk.

**Stevens, M.** (2001) Sorting Out Chocolate. - *Journal of Fine Cooking*. 42(1), 143 lk.

**Suitsu, M., Virkus, L.** (2004) Kalevi šokolaadiraamat. Harjumaa, Ajakirjade Kirjastus, 112 lk.

**Vinson, J.A., Proch, J., Pratima, B., Muchler, S., Taffera, P., Shuta, D., Samman, N., Gabriel, A.A.** (2006) Chocolate is a Powerful ex Vivo and in Vivo Antioxidant, an Antiatherosclerotic Agent in an Animal Model, and a Significant Contributor to Antioxidants in the European and American Diets. - *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54 (1), 8071-8076

**Zubchenko, A.V.** (1986) Влияние физико-химических процессов на качество кондитерских изделий. Sankt Peterburg, 296 lk.

## Lisa 1. Kasutatava tumeda glasuuri koostis



### Tooteinfo:

## ODENSE TUMEDA GLASUURI NÖÖBID 200g



### TOOTE ISELOOMUSTUS:

Tumedast šokolaadist nööbid sobivad hästi kaunistuste valmistamiseks ja küpsetistesse lisamiseks. Glasuuride valmistamiseks mõeldud tumeda glasuuri nööpe on äärmiselt lihtne kasutada koogikateteks, kookidele tekstide kirjutamiseks ja kaunistuste tegemiseks. Aseta nööbid koos kotiga sooja vee kaussi. Kui nööbid on sulanud, lõika paki servast väike nurk ja glasuur on kasutamiseks valmis.

### KOOSTISOSAD:

Suhkur, taimne rasv (hüdrogeenitud palmituumaõli), vähendatud rasvasisaldusega kakaopulber, emulgaator (letsitiin ja E492), lõhna- ja maitseaine. Võib sisaldada vähesel määral piimatooteid. Hoida kuivas ja jahedas ( $18\pm3^{\circ}\text{C}$ ). Keskmine toiteväärtus 100 g: energiasisaldus 2258 kJ/539 kcal, valgud 4 g, süsivesikud 52 g, rasvad 34 g.

### TOOTE NIMETUS

### ODENSE TUMEDA GLASUURI NÖÖBID

Pakendi mõõdud	180 (kõrgus) x 150 (laius) x 40 (sügavus) mm
Pakendi netokaal	200g
Vahekasti mõõdud	157 (kõrgus) x 297 (laius) x 396 (sügavus) mm
Vahekasti netokaal	5,600 kg
Vahekasti brutokaal	6,066 kg
Tooteid vahekastis	28 tk
Aluse maht	48 vahekasti, 6 kihti
Aluse kõrgus	1080 mm (sh 135 mm EUR alus)
Aluse netokaal	268,80 kg
Aluse brutokaal	310,88 kg (sh 20 kg EUR alus)
Säilivusaeg	12 kuud
CN kood	18069019
EAN kood, toode	5709521032181
EAN kood, vahekast	05709521032198

### SORTIMENDIS ALATES:

01.11.2013

### SOOVITUSLIK PAIGUTUS:

Küpsetustoodete riulis.

## KALEV - ELU MAGUSAD HETKED

AS Kalev, Põrguvälja tee 6, Lehmja, Rae vald, Harjumaa 75306, tel. +372 887 7710, [www.kalev.eu](http://www.kalev.eu)

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning  
juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, \_\_\_\_\_Aleksandr Günter\_\_\_\_\_,  
(*autori nimi*)

sünniaeg \_\_\_\_17.04.1991\_\_\_\_\_,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö  
\_\_\_\_Temperatuuri mõju šokolaadi aereerimisprotsessile\_\_\_\_\_,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on\_\_Anna Pisponen,\_PhD\_\_\_\_\_,  
(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(*allkiri*)

Tartu, \_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)